

# INNOVACIÓN EN EL LABORATORIO DE TERMODINÁMICA

**FLORES ALMAZÁN, SUSANA; ALONSO VIVEROS, GUADALUPE; DELGADO HERRERA, TERESA  
y TREJO CANDELAS, LUIS MIGUEL**

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Departamento de Fisicoquímica. Edificio B (102), Circuito Escolar, C.U. México, D.F. 04510, México.

---

**Palabras clave:** Estrategias; Ideas previas; Regulación; Presión.

## OBJETIVO

Mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de Termodinámica Clásica en alumnos de química universitaria, para que logren aprendizajes significativos de los conceptos que están detectados como los más problemáticos, como el concepto de presión en este caso y, concretamente, el fundamento del manómetro de columna en U abierto.

## MARCO TEÓRICO

Consideramos que la ciencia es una actividad constructiva y en proceso de permanente revisión. Y que en el aula es posible lograr aprendizaje significativo de conceptos científicos, como el concepto de presión y su aplicación en el funcionamiento del manómetro, si primero familiarizamos a los estudiantes con el concepto de presión en los líquidos y gases mediante experimentos sencillos (Fassouloupoulos, 2003).

Para probar esta hipótesis, utilizamos situaciones que activan los conocimientos previos de los estudiantes, mediante una estrategia denominada POE (Champagne, 1980), que más adelante mencionaremos. Además, con experimentos sencillos tratamos de motivar al estudiante captando su atención al tema que nos interesaba. Utilizando una metodología mediante la cual los estudiantes puedan ver que las ideas que poseen y que creen tan potentes, explicativas y válidas, en realidad no lo son tanto. Y que con experimentos los estudiantes comprueben por sí mismos que sus ideas no son en realidad tan potentes como pensaban y que hay otras ideas científicas que son una alternativa que explica mejor el fenómeno y les permite resolver problemas. Intentamos promover la metacognición mediante actividades de evaluación-regulación (Jorba, 1997), para que los estudiantes fueran reestructurando los conceptos a partir de lo que ya sabían, identifiquen los obstáculos y los regulen, se evalúen, reconozcan la expresión de sus ideas y la coherencia entre los hechos y sus representaciones, etc. La construcción de un significado mediante varios experimentos, exige la participación activa de los estudiantes, haciendo conexiones entre aspectos del experimento y sus conocimientos previos. Esto sucede dentro de un proceso dinámico en que los estudiantes generan posibles significados hipotéticos y los comprueban para ver si encajan con el experimento (Driver, 1997). Mediante trabajo cooperativo, que propicia la participación de todos en cada equipo y al final con el grupo completo, fomentando la responsabilidad individual y el respeto entre los participantes. Iniciaron primero, trabajando en equipos pequeños y luego con todo el grupo, poniendo en juego la puesta en común de los conceptos, haciéndose conscientes del avance conceptual que se pretendía lograr a través de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. La relación entre los profesores, los materiales educativos (experimen-

tos) y los estudiantes durante los momentos para compartir los significados, logra el aprendizaje si se consigue que los estudiantes capten el significado que los conocimientos científicos tienen.

## **DESARROLLO DEL TEMA**

En un curso de laboratorio de termodinámica, uno de los trabajos prácticos es el estudio de la presión en gases y el manejo del manómetro de líquido de rama abierta. La experiencia nos ha mostrado que un gran porcentaje (80%) de los estudiantes que realizan este trabajo no logra comprender el principio del manómetro, por lo que planeamos una metodología en donde partimos del estudio del concepto de presión en líquidos y gases, mediante experimentos, que además, sirven para motivar a los estudiantes, interesándolos por el tema. Estos experimentos se presentan mediante la estrategia POE, que consiste en darles información sobre cómo deben realizar el experimento y que, en equipos pequeños (cuatro estudiantes), primero hagan una predicción (P), sobre lo que piensan que va a suceder, de manera individual y después cooperativamente realicen el experimento y escriban de forma individual sus observaciones (O) y finalmente, escriban la explicación (E) sobre lo obtenido, reconciliando la predicción con la observación. Mediante esta estrategia, los profesores podemos conocer los conocimientos previos de los estudiantes, ya que estos se activan al tratar ellos de explicar cada uno de los experimentos que les tocó realizar, al mismo tiempo que hacen explícito el modelo intuitivo que manejan. Al escribir en una cuartilla sus predicciones, observaciones, explicaciones y entregar ésta a los profesores, esto nos permite conocer antes del trabajo cooperativo de los equipos y del grupo, lo que cada estudiante piensa sobre lo que se está estudiando.

Los experimentos descritos a continuación se asignaron a cada equipo de estudiantes, de manera que cada equipo trabajara con la estrategia POE en un experimento diferente:

- 1.-Presión de un sólido sobre un sólido. Utilizaron un paralelepípedo que colocaron sobre una superficie de harina con un espesor de 2 cm, cada lado del sólido tiene un área diferente. Pusieron el sólido sobre la superficie, cada vez sobre una de las tres áreas diferentes y observaron lo que sucedía.
- 2.-Evidencia de la presión atmosférica sobre un sistema gaseoso. Usaron una botella con una boquilla de 3 cm de diámetro, en donde colocaron un blanquillo cocido sin cáscara, después de poner en el interior de la botella un algodón empapado de alcohol en combustión, observaron qué es lo que pasaba.
- 3.-Diferencia de presiones entre dos gases. Utilizaron una lata vacía de refresco, en donde agregaron 5 cm<sup>3</sup> de agua, que pusieron a hervir hasta que todo el aire dentro de la lata se eliminó y quedó llena de agua y vapor, en esas condiciones la colocaron invertida en un recipiente con hielo fundente y observaron lo que sucedió.
- 4.-Interacción líquido-gas, Ludió. Construyeron un buzo, con un pequeño frasco transparente lleno a la mitad de agua, colocado invertido, dentro de una botella de paredes flexibles conteniendo agua, mediante presión sobre las paredes del frasco, el buzo sufre cambios que ellos observaron.
- 5.-Interacción entre la atmósfera y el gas dentro de un recipiente. Utilizaron un frasco de cristal de 250 cm<sup>3</sup>, con un tapón con dos popotes, un globo desinflado insertado en uno de ellos dentro del frasco, pidiéndoles que soplen y absorban aire por medio de los popotes y observen lo que sucede.
- 6.-Dirección de la presión atmosférica. Usaron un vaso con agua, cubierto con un papel, observaron lo que sucedía al invertirlo y probaron con vasos con cantidades diferentes de agua.
- 7.-Construcción de un sifón. Utilizaron dos frascos con agua, conectados con una manguera llena de agua, insertada en los tapones de cada frasco, que tenían aparte un orificio pequeño, se les pidió que levantaran un frasco por encima del otro y viceversa y que observaran lo que ocurría.

Después de que cada equipo comentó sus predicciones, observaciones y explicaciones se realizó una discusión para poner en común sus ideas y negociar sus significados del experimento que les tocó, escribieron en una cartulina los resultados a los que llegaron para exponerlos al resto de los equipos y así, compartieron significados con los demás equipos y con los profesores (Ausubel, 1987). Al terminar esta etapa, se les pidió a todos los alumnos del grupo una actividad de evaluación-regulación de su aprendizaje, en donde escribieron individualmente qué habían aprendido de cada experimento y qué era lo que no habían comprendido y por qué. Es mediante esta actividad que ellos confrontan las ideas que tenían al empezar a realizar los experimentos con las que al final comparten con el grupo.

Al término de la exposición de cada equipo se supuso que la mayoría de los estudiantes ya estaban familiarizados con el concepto de presión. Entonces se les proporcionó, a cada equipo, un manómetro de agua de dos ramas, una abierta a la atmósfera y la otra conectada a una jeringa conteniendo aire a la mitad de su capacidad. Se les pidió que primero hicieran tres compresiones y después tres expansiones y que determinaran para cada etapa, en equilibrio termodinámico, la presión que tenía el aire atrapado en la jeringa. De esa manera, pretendíamos que cada estudiante pudiera deducir cómo, mediante el manómetro se puede determinar la presión de un lado de la columna si se conoce la presión atmosférica local.

## RESULTADOS

La hipótesis planteada al inicio del trabajo fue acertada en general, pero detectamos que algunos estudiantes no lograron cambiar sus concepciones iniciales sobre la presión, y al final todavía siguen explicándose los experimentos utilizando sus concepciones alternativas originales. Sabemos que es muy difícil cambiar aquellas ideas que se han utilizado durante toda la vida y que nos sirven para explicarnos los fenómenos naturales sin problema, son resistentes al cambio, porque son funcionales.

Creemos que no contribuyó al avance conceptual sobre el concepto de presión, la estrategia de dividir a los estudiantes en equipos y que cada equipo hiciera un experimento diferente, ya que al final observamos que cada estudiante entendió básicamente el experimento en el que participó y sólo algunos estudiantes captaron los experimentos realizados por los otros equipos.

A continuación mostramos las ideas que subsistieron en algunos de los estudiantes al final de la experiencia, lo que más tarde les impidió comprender significativamente el principio del manómetro.

*Ideas sobre cada experimento que se conservaron en algunos estudiantes.*

Experimento 1.- Presión de un sólido sobre un sólido.

- 1.1 No relacionan la presión del objeto con su hundimiento en la harina.
- 1.2 Confunden el peso con la presión.
- 1.3 No identifican que la masa es constante.

Experimento 2.- Evidencia de la presión atmosférica.

- 2.1 Consideran que el blanquillo se introduce en el frasco, porque el oxígeno se consume en la combustión y deja un espacio que puede ser ocupado.
- 2.2 Mencionan que el gas que queda después de la combustión, jala el blanquillo.
- 2.3 Explican que la introducción del blanquillo se debe a que el gas se enfría y su volumen disminuye, es decir se refieren a la compresión del gas y no a la disminución de la presión.
- 2.4 No implican a los gases de la combustión y el efecto que sufren al disminuir su temperatura.
- 2.5 No enfatizan la acción de la presión atmosférica sobre la presión interna del sistema.

Experimento 3.- Diferencia de presiones entre dos gases.

- 3.1 Dicen que al enfriarse el vapor, éste se contrae, no consideran la condensación.
- 3.2 Consideran que al enfriarse el vapor su volumen disminuye y por eso se contrae la lata.
- 3.3 No se enteraron, que el gas que contenía la lata antes de enfriarse, era vapor de agua.

Experimento 4.- Interacción líquido-gas, Ludió.

4.1 Consideran que el aire contenido en el buzo, al comprimirse aumenta su densidad y eso produce que se hunda.

4.2 Piensan que al comprimir a la botella, el peso del buzo aumenta al introducirse el agua, pero no consideran a la presión ni a la densidad en la explicación.

4.3 No delimitan cuál es el sistema que constituye al buzo.

4.4 No explican por qué entra agua al buzo.

Experimento 5.- Interacción entre la atmósfera y el gas dentro de un recipiente.

5.1 No relacionan a la presión atmosférica con la presión interna del frasco y el globo.

5.2 No consideran que la presión atmosférica se ejerce en todas direcciones.

Experimento 6.- Dirección de la presión atmosférica.

6.1 No resaltan que la presión atmosférica se ejerce también de abajo hacia arriba.

6.2 No pueden explicar por qué funciona lo mismo, con el vaso lleno de agua y lleno parcialmente.

Experimento 7.- Sifón.

7.1 La explicación del sifón resultó muy difícil a todos los estudiantes, alguno lo relaciona con la presión hidrostática y su tendencia a equilibrarse, pero sin llegar a lo correcto.

#### *Resultados sobre el aprendizaje del manómetro*

A pesar de los resultados anteriores, una vez que se proporcionó un manómetro a cada equipo y se evaluó en forma individual el conocimiento sobre el funcionamiento del manómetro, de 28 estudiantes, 19 lo explicaron correctamente mientras el resto mostraron que aún sus ideas eran confusas. Ejemplo de dificultades en estos últimos alumnos son:

1.-Confunden la presión absoluta con la presión manométrica.

2.-No llegan a formalizar la ecuación para obtener la presión absoluta del sistema.

3.-Escriben la ecuación correcta pero sólo para el caso en que la presión del sistema es mayor a la atmosférica.

4.-Representan equivocadamente, en un dibujo del manómetro, las variables que intervienen en su funcionamiento.

## **CONCLUSIONES**

El familiarizar a los estudiantes mediante experimentos sencillos y actividades de regulación permite que un mayor número de alumnos construya el concepto de presión en los líquidos y gases y lo aplique en la deducción del principio con el que funciona el manómetro. Al limitar el estudio a un solo experimento se promueve que sólo entiendan el experimento en el que participaron y difícilmente comprenden las explicaciones que dieron los compañeros sobre otros experimentos. Esta observación, nos lleva a proponer una mejor estrategia y escoger sólo algunos de los experimentos, los más representativos, para que todos los estudiantes puedan realizarlos en el tiempo programado y así, se familiaricen y reconstruyan su concepto de presión.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AUSUBEL, D., NOVAK, J. y HANESIAN, H.(1987). Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas.
- CHAMPAGNE, A.B., KLOPFER, L.E. y ANDERSON, J.H. (1980) Factors influencing the learning of classical mechanics American Journal of Physics Vol. 48 pp 1074-1079.
- DRIVER, R. y OLDHAM, V. (1997). Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias. En PORLÁN,

- R., GARCÍA, J. y CAÑAL. P. (comps). Constructivismo y enseñanza de las ciencias. España: Serie fundamentos No. 2 Colección investigación y enseñanza.
- FASSOULOPOULOS, G., KARIOTOGLOU, P. y KOUMARAS, P. (2003). Consistent and inconsistent pupils' reasoning about intensive quantities: The case of density and pressure, *Research in Science Education* 33 (1) pp 71-87.
- JORBA, J., E. y CASELLAS, N.(1997). La regulación y la autorregulación de los aprendizajes. Volumen 1. España: Síntesis.